

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**

**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 101 07 187 A 1**

Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 17 C 7/02**  
B 60 S 5/02

⑪ Aktenzeichen: 101 07 187.6  
 ⑫ Anmeldetag: 15. 2. 2001  
 ⑬ Offenlegungstag: 29. 8. 2002

**DE 101 07 187 A 1**

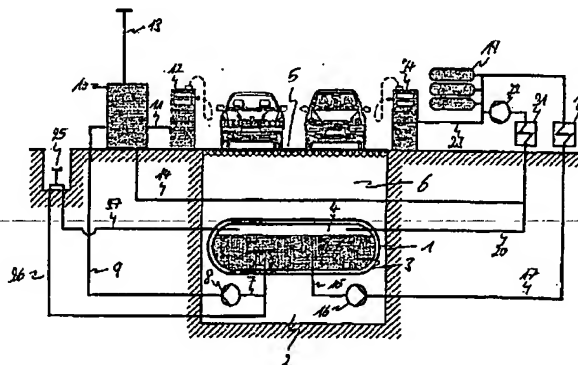
⑦ Anmelder:  
Linde AG, 65189 Wiesbaden, DE

72 Erfinder:  
Wolf, Joachim, Dr.rer.nat., 81241 München, DE;  
Trill, Rolf, Dipl.-Ing., 82031 Grünwald, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Tankstelle für kryogene Medien

**57)** Es wird eine Tankstelle für kryogene Medien, insbesondere für verflüssigten und/oder gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff beschrieben. Die erfindungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien ermöglicht die (gleichzeitige) Betankung von Fahrzeugen jeder Art mit einem verflüssigten und einem gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Medium.



**DE 101 07 187 A 1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Tankstelle für kryogene Medien, insbesondere für verflüssigten und/oder gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff.

[0002] Im Folgenden werden bei den Bezeichnungen spezieller kryogener Medien entsprechend ihrem Aggregatzustand die Buchstaben "G" für "gasförmig" und "L" für "flüssig" bzw. "liquid" vorangestellt; also bspw.  $\text{GH}_2$  bzw.  $\text{LH}_2$  für gasförmigen bzw. flüssigen Wasserstoff.

[0003] Insbesondere Wasserstoff gewinnt gegenwärtig durch den steigenden Energiebedarf und das gestiegene Umweltbewusstsein als Energieträger zunehmend an Bedeutung. So sind erste Versuche im Gange, Flugzeuge, Lastkraftwagen, Busse sowie Personenkraftwagen mittels mit Wasserstoff-betriebener Turbinen bzw. Motoren anzutreiben. Des Weiteren befinden sich bereits Fahrzeuge im Feldversuch, bei denen mittels einer Brennstoffzelle elektrische Energie erzeugt wird, die wiederum einen E-Motor antreibt. Der für den Betrieb der Brennstoffzelle erforderliche Wasserstoff wird bei diesen Fahrzeugen entweder in flüssiger oder gasförmiger und komprimierter Form gespeichert.

[0004] Die Speicherung des Wasserstoffs "an Bord" der oben genannten Verkehrsmittel ist dabei in flüssiger Form am sinnvollsten. Hierzu muss der Wasserstoff auf etwa 25 K abgekühlt und auf dieser Temperatur gehalten werden, was nur durch entsprechende Isoliermaßnahmen an den Speicherbehältern bzw. -tanks zu erreichen ist. Eine Speicherung in gasförmigem Zustand ist aufgrund der geringen Dichte von  $\text{GH}_2$  in der Regel in den obengenannten Verkehrsmitteln ungünstiger, da die Speicherung hierbei in großvolumigen Speicherbehältern bei hohen Drücken erfolgen muss.

[0005] Die Kosten für den Energieträger Wasserstoff müssen im Hinblick auf die Akzeptanz des Wasserstoffes als Kraftstoff in der Größenordnung der aktuellen Kraftstoffkosten liegen. Gleiches gilt für die Gesamtkosten der Wasserstoff-Infrastruktur, also der Erzeugung des Wasserstoffes, seines Transportes sowie der erforderlichen Wasserstoff-Tankstellen.

[0006] Insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Übergangszeit von den heutigen Kraftstoffen auf den Wasserstoff ist es erforderlich, dass die Wasserstoff-Tankstelle in eine bestehende konventionelle Tankstelle integrierbar ist. Sie muss deshalb einen vergleichsweise geringen Platzbedarf aufweisen und ohne ein zusätzliches Fachpersonal auskommen.

[0007] Da zur Zeit von den unterschiedlichen Kraftfahrzeugherstellern verschiedene Formen der Speicherung des Wasserstoffes an Bord der Kraftfahrzeuge untersucht werden bzw. mit ihnen experimentiert wird, ist es erforderlich, dass die Wasserstoff-Tankstelle – zumindest wiederum für eine Übergangszeit – sowohl tiefkalten verflüssigten als auch gasförmigen, unter Hochdruck stehenden Wasserstoff anbieten kann. Des Weiteren müssen Wasserstoff-Tankstellen so flexibel ausgelegt sein, dass sie auf die tageszeitlichen Schwankungen bei dem Wasserstoffbedarf reagieren können.

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien anzugeben, die die vorgenannten Nachteile vermeidet bzw. die vorgenannten Bedingungen erfüllt.

[0009] Die erfindungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien, insbesondere für verflüssigten und/oder gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff weist

– wenigstens einen unterirdisch angeordneten Speicherbehälter, der für die Speicherung eines kryogenen

Mediums, insbesondere von verflüssigtem Wasserstoff, geeignet ist,

– wenigstens einen Hochdruck-Speicherbehälter, der für die Speicherung eines kryogenen Mediums in gasförmiger Phase bei einem Druck zwischen 300 und 800 bar geeignet ist,

– wenigstens eine Betankungseinrichtung bzw. Zapfsäule, über die Fahrzeuge jeglicher Art mit dem kryogenen Medium in flüssiger und/oder gasförmiger Phase betankt werden können,

– wenigstens einen Wärmetauscher, der der Verdampfung des aus dem Speicherbehälter abgezogenen kryogenen Mediums dient,

– wenigstens eine Pumpe, mittels derer das kryogene Medien in flüssiger Phase aus dem Speicherbehälter der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen zugeführt wird, und

– wenigstens eine kryogene Druckerhöhungspumpe, mittels derer das kryogene Medien aus dem Speicherbehälter dem Wärmetauscher und anschließend dem Hochdruck-Speicherbehälter, der mit der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen verbunden und/oder verbindbar ist, zugeführt wird,

auf.

[0010] Die erfindungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien sowie weitere Ausgestaltungen derselben seien anhand des in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0011] Die Figur zeigt eine Tankstelle, die der Abgabe von verflüssigtem und gasförmigem, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff dient. Eine derartige Tankstelle weist einen oder mehrere Speicherbehälter 1 auf, in denen der verflüssigte Wasserstoff gespeichert werden kann. Derartige Speicherbehälter sind hierzu im Regelfall doppelwandig ausgeführt und weisen eine entsprechende (Super)Isolation auf, um die Abdampfverluste so gering als möglich zu halten.

[0012] Aus Platzgründen sowie aus sicherheitstechnischen Überlegungen ist es sinnvoll, den oder die Speicherbehälter 1 unterirdisch anzuordnen.

[0013] Aus diesem Grund sind der oder die Speicherbehälter 1 – wie dies in der Figur dargestellt ist – vorzugsweise in einem unterirdischen Tanklager 2 angeordnet. Dieses unterirdische Tanklager 2 besteht aus einer Wanne 6, in der der oder die Speicherbehälter 1 angeordnet werden, sowie einer die Wanne 6 nach oben verschließenden Abdeckung 5, die wiederum vorzugsweise befahrbar ausgebildet ist, so dass die zu betankenden Fahrzeuge diese Abdeckung 5 befahren können.

[0014] Wie in der Figur ebenfalls dargestellt, ist es zweckmäßig, die erforderlichen Pumpen 8 und 16 – auf die im Folgenden noch näher eingegangen werden wird – ebenfalls in dem unterirdischen Tanklager 2 anzuordnen. Hierbei kann es aus sicherheitstechnischen Gründen sinnvoll sein, dass das unterirdische Tanklager 2 in mehrere Räume aufgeteilt wird, wobei der oder die Speicherbehälter in einem oder mehreren separaten Räumen untergebracht sind, während die erwähnten Pumpen 8 und 16 ebenfalls in separaten Räumen angeordnet sind.

[0015] Die erfindungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien weiterbildend wird vorgeschlagen, dass das unterirdische Tanklager 2 Mittel zur Druckentlastung aufweist.

[0016] Dadurch kann der im Falle einer Explosion oder des Bersten eines Speicherbehälters 1 sich innerhalb des unterirdischen Tanklagers 2 aufbauende Druck aus dem unterirdischen Tanklager 2 abgeführt und so das Ausmaß des Schadens verringert werden.

[0017] Das Befüllen des Speicherbehälters 1 mit flüssi-

gem Wasserstoff 3 erfolgt über einen Versorgungsanschluss 25, der über Leitung 26 mit dem Speicherbehälter 1 verbunden ist. Da im Regelfall während des Befüllvorganges ein Boil-Off-Gas entsteht und aus dem Speicherbehälter 1 abgezogen werden muss, ist vorzugsweise eine Ab- bzw. Rückführleitung 27 vorzusehen.

[0018] Über Leitung 7 wird verflüssigter Wasserstoff 3 aus dem Speicherbehälter 1 abgezogen und einer sog. LH<sub>2</sub>-Transferpumpe 8 zugeführt, die den verflüssigten Wasserstoff über Leitung 9 dem Ventil- und Steuerblock 10 zuführt. Die LH<sub>2</sub>-Transferpumpe weist vorzugsweise eine Förderleistung zwischen 3000 und 6000 l/h auf.

[0019] Nach Durchgang durch den Ventil- und Steuerblock 10 wird der verflüssigte Wasserstoff über Leitung 11 der eigentlichen LH<sub>2</sub>-Zapfsäule 2 zugeführt und kann über diese an das zu betankende Fahrzeug abgegeben werden. Da – abhängig von dem angewendeten Betankungsverfahren – während des Betankungsvorganges eine gasförmige Wasserstofffraktion anfällt, ist eine Abgasleitung 13 vorgesehen, über die diese gasförmige Wasserstofffraktion – bspw. an die Atmosphäre – abgegeben werden kann.

[0020] Ferner ist gegebenenfalls – entsprechend einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Tankstelle für kryogene Medien – eine Rückgasleitung 14 vorgesehen, über die die vorgenannte, anfallende gasförmige Wasserstofffraktion der noch zu beschreibenden GH<sub>2</sub>-Zapfsäule bzw. dem GH<sub>2</sub>-Hochdruckspeicher zugeführt werden kann.

[0021] Über eine weitere Leitung 15 ist ebenfalls die Entnahme von verflüssigtem Wasserstoff 3 aus dem Speicherbehälter 1 möglich. Der verflüssigte Wasserstoff wird mittels der kryogenen Druckerhöhungspumpe 16 auf einen Druck zwischen 300 und 800 bar gepumpt und über Leitung 17 einem Wärmetauscher 18 zugeführt. In diesem wird der verflüssigte Wasserstoff vorzugsweise gegen Umgebungsluft – angewärmt und verdampft und anschließend über Leitung 19 einem Hochdruckspeicher 19, der der Speicherung des Wasserstoffes bei einem Druck zwischen 300 und 800 bar dient, zugeführt.

[0022] Wird nun ein Fahrzeug über die GH<sub>2</sub>-Zapfsäule 24 mit gasförmigem Wasserstoff betankt, so gelangt dieser über die den Hochdruckspeicher 19 und die GH<sub>2</sub>-Zapfsäule 24 verbindende Leitung 23 aus dem Hochdruckspeicher 19 zu dem zu betankenden Fahrzeug. Die Speicherkapazität des Hochdruckspeichers 19 ist hierbei so auszulegen, dass auch zu Spitzenzeiten ein kontinuierliches Bedanken von Fahrzeugen mit gasförmigem, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff möglich ist.

[0023] Des Weiteren kann eine Leitung 20 vorgesehen werden, über die aus dem Gasraum 4 des Speicherbehälters 1 das zwangsläufig entstehende Boil-off-Gas abgezogen und einem Wärmetauscher 21, in dem es angewärmt wird, zugeführt wird. Das angewärmte Boil-Off-Gas wird anschließend mittels eines Boil-Off-Gas-Verdichters 22 ebenfalls auf den in dem Hochdruckspeicher 19 herrschenden Druck verdichtet und in diesen geleitet.

[0024] Die erfindungsgemäße Tankstelle für kryogene Medien ermöglicht die (gleichzeitige) Betankung von Fahrzeugen jeder Art mit einem verflüssigten und einem gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Medium.

#### Patentansprüche

1. Tankstelle für kryogene Medien, insbesondere für verflüssigten und/oder gasförmigen, unter hohem Druck stehenden Wasserstoff, aufweisend wenigstens einen unterirdisch angeordneten Speicherbehälter (1), der für die Speicherung eines kryogenen Mediums (3), insbesondere von verflüssigtem Wasser-

stoff, geeignet ist, wenigstens einen Hochdruck-Speicherbehälter (19), der für die Speicherung eines kryogenen Mediums (3) in gasförmiger Phase bei einem Druck zwischen 300 und 800 bar geeignet ist, wenigstens eine Betankungseinrichtung bzw. Zapfsäule (12, 24), über die Fahrzeuge jeglicher Art mit dem kryogenen Medium (3) in flüssiger und/oder gasförmiger Phase betankt werden können, wenigstens einen Wärmetauscher (18), der der Verdampfung des aus dem Speicherbehälter (1) abgezogenen kryogenen Mediums (3) dient, wenigstens eine Pumpe (8), mittels derer das kryogene Medien in flüssiger Phase aus dem Speicherbehälter (1) der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) zugeführt wird, und wenigstens eine kryogene Druckerhöhungspumpe (16), mittels derer das kryogene Medien aus dem Speicherbehälter (1) dem Wärmetauscher (18) und anschließend dem Hochdruck-Speicherbehälter (19), der mit der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) verbunden und/oder verbindbar ist, zugeführt wird.

2. Tankstelle für kryogene Medien nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Speicherbehälter (1) eine ihn mit dem Hochdruck-Speicherbehälter (19) und/oder der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) verbindende Boil-Off-Gas-Entnahmeleitung (20) zugeordnet ist, wobei dies wenigstens einen Verdichter (22) aufweist.

3. Tankstelle für kryogene Medien nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass im Falle des Vorsehens von wenigstens zwei Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) eine die Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) verbindende Leitung (14) vorgesehen ist.

4. Tankstelle für kryogene Medien nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der oder die Speicherbehälter (1) in einem unterirdischen Tanklager (2), bestehend aus einer Abdeckung (5) aufweisenden Wanne (6), angeordnet sind.

5. Tankstelle für kryogene Medien nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (8), mittels derer das kryogene Medien in flüssiger Phase aus dem Speicherbehälter (1) der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) zugeführt wird, und/oder die kryogene Druckerhöhungspumpe (16) in dem unterirdischen Tanklager (2) angeordnet sind.

6. Tankstelle für kryogene Medien nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das unterirdische Tanklager (2) Mittel zur Druckentlastung aufweist.

7. Tankstelle für kryogene Medien nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpe (8), mittels derer das kryogene Medien in flüssiger Phase aus dem Speicherbehälter (1) der oder zumindest einer der Betankungseinrichtungen bzw. Zapfsäulen (12, 24) zugeführt wird, eine Förderleistung zwischen 3000 und 6000 l/h aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

